

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-333434

(P2002-333434A)

(43) 公開日 平成14年11月22日 (2002. 11. 22)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テ-マ-コ-ド*(参考)
G 0 1 N 29/02		G 0 1 N 29/02	2 G 0 4 7
A 6 1 M 1/36	5 2 0	A 6 1 M 1/36	5 2 0 4 C 0 6 6
	3 3 3		5/00 3 3 3 4 C 0 7 7
G 0 1 N 29/20		G 0 1 N 29/20	

審査請求 未請求 請求項の数9 O L (全 5 頁)

(21) 出願番号 特願2002-42874(P2002-42874)

(22) 出願日 平成14年2月20日 (2002. 2. 20)

(31) 優先権主張番号 特願2001-44788(P2001-44788)

(32) 優先日 平成13年2月21日 (2001. 2. 21)

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000003159

東レ株式会社

東京都中央区日本橋室町2丁目2番1号

(72) 発明者 杉原 洋樹

滋賀県大津市園山1丁目1番1号 東レ株式会社滋賀事業場内

(72) 発明者 田村 佳弘

静岡県沼津市足高字尾上405-65番地 東レ・メディカル株式会社静岡工場内

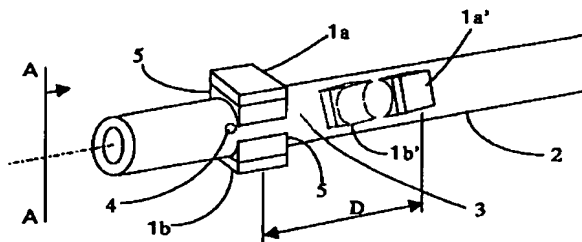
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 気泡検出方法および装置

(57) 【要約】

【課題】気泡検出のために断面形状を変形することが困難な液体輸送管中を流れる液体であっても、その中の気泡の存在を比較的容易に検出できる気泡検出方法および装置を提供する

【解決手段】液体が流れる液体輸送管の側面から超音波を前記液体に対して送信し、前記液体を通過した超音波を受信し、受信した超音波に基づいて前記液体中の気泡を検出する気泡検出方法であって、前記液体輸送管の液体の流動方向に離れたnか所 (n: 2以上の整数) の検出位置において超音波送受信を行うことを特徴とする気泡検出方法。



【特許請求の範囲】

【請求項1】液体が流れる液体輸送管の側面から超音波を前記液体に対して送信し、前記液体を通過した超音波を受信し、受信した超音波に基づいて前記液体中の気泡を検出する気泡検出方法であって、前記液体輸送管の液体の流動方向に離れた n か所（ n ：2以上の整数）の検出位置において超音波送受信を行うことを特徴とする気泡検出方法。

【請求項2】前記 n か所における超音波の送信は液体輸送管の液体の流動方向において、互いに $W(m) \sim V/nN(m)$ の範囲で離れた送信位置から行うことを特徴とする請求項1記載の気泡検出方法。（ここで $W(m)$ は超音波素子の液体輸送管の液体の流動方向の長さ、 $V(m/s)$ は液体輸送管中の液体の流速、 $N(回/s)$ は液体輸送管への送液装置の時間あたりの脈動数とする。ただし $W < V/nN$ とする。）

【請求項3】前記 n か所における超音波の送信は液体輸送管の管軸回転方向において互いに異なる送信位置から行うことを特徴とする請求項1または2に記載の気泡検出方法。

【請求項4】前記送信位置を、管軸回転方向において互いに略 $180/n$ 度離れた位置とすることを特徴とする請求項3に記載の気泡検出方法。

【請求項5】前記 n か所において受信した超音波に基づいて得た気泡検出力のうち、同一気泡に基づく複数の気泡検出力を単一の最終的な気泡検出力として出力することを特徴とする請求項1～4のいずれかに記載の気泡検出方法。

【請求項6】液体の流動方向に沿って上流の検出位置において気泡を検出したときに、下流の検出位置において前記検出の $D/V(s)$ 後の前後に検出された気泡検出信号を無視することを特徴とする請求項5に記載の気泡検出方法。（ここで、液体輸送管中の液体の流速を $V(m/s)$ 、上流および隣接する下流の検出位置の間隔を $D(m)$ とする。）

【請求項7】液体の流動方向に沿って上流の検出位置において気泡を検出したときに、前記検出の時点から前記検出の $D/V(s)$ 時間後の前後までの間に下流の検出位置において検出された気泡検出信号を無視することを特徴とする請求項5に記載の気泡検出方法。（ここで、液体輸送管中の液体の流速を $V(m/s)$ 、上流および隣接する下流の検出位置の間隔を $D(m)$ とする。）

【請求項8】発信器と受信器からなる複数の対向型超音波素子を有する気泡検出装置であって、前記複数の対向型超音波素子のいずれかで気泡を検出した場合に最終的な気泡検出力を発生する検出処理装置を有することを特徴とする気泡検出装置。

【請求項9】前記検出処理装置は複数の前記対向型の超音波素子で同一気泡を検出した場合に、単一の最終的な気泡検出力を出力するものであることを特徴とする請

求項8に記載の気泡検出装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、液体が流れる液体輸送管中の気泡検出方法およびその装置に関し、たとえば、液体輸送管を挟み対向する一対の超音波素子を複数対配置して液体中の気泡を検出する方法および装置に関する。

【0002】

【従来の技術】液体輸送管中を流れる液体中の気泡検出技術としては、人工透析装置における気泡検出がよく知られている。人工透析装置においては、液体輸送管内に存在する気泡が体内に混入すると人命に関わるため、液体輸送管内に気泡が存在するかどうかを検出することが必須とされており、この要請に応えるために超音波を用いた気泡検出器が一般的に採用されている。

【0003】この超音波を利用した気泡検出器の原理は図1に示すごとく一方の超音波発信素子1aで発信した超音波が液体輸送管2（通常は、断面円形だが、2つの素子にはさまれて圧縮され、略楕円形に変形している）と液体3を通過して他方の超音波受信素子1bで受信されるようになっており、液体3内に気泡4がある場合は超音波が気泡によって反射して受信する超音波の強度が減少する現象を利用するものである。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】このような従来の気泡検出技術を用いて、人工透析装置以外の用途に用いることも可能である。しかし、人工透析装置の液体輸送管には容易にその断面形状が変形する塩ビ等の柔軟なチューブが用いられているが、一般の液体輸送管では金属管や“テフロン（登録商標）”管などのように、その断面形状が殆ど変化しない硬質の素材のものも多い。このような液体輸送管中の気泡を人工透析装置用の気泡検出装置で検査しようとしても、発信側の超音波素子が液体輸送管と密着せず、超音波が管内に入射しないため、気泡を検出できないという問題があった。また、たとえ音響カプラ等を用いて超音波素子と液体輸送管を密着させたとしても、気泡検出範囲は狭く、全ての気泡を検出できないという問題があった。

【0005】本発明の目的は、気泡検出のために断面形状を変形することが困難な液体輸送管中を流れる液体であっても、その中の気泡の存在を比較的容易に検出できる気泡検出方法および装置を提供することにある。

【0006】

【課題を解決するための手段】上記の問題を解決するための本発明は、液体が流れる液体輸送管の側面から超音波を前記液体に対して送信し、前記液体を通過した超音波を受信し、受信した超音波に基づいて前記液体中の気泡を検出する気泡検出方法であって、前記液体輸送管の液体の流動方向に離れた n か所（ n ：2以上の整数）の

検出位置において超音波送受信を行うことを特徴とする気泡検出方法である。

【0007】ここで、前記 n か所における超音波の送信は液体輸送管の液体の流動方向において、互いに $W(m) \sim V/nN(m)$ の範囲で離れた送信位置から行うことが好ましい。(ここで $W(m)$ は超音波素子の液体輸送管の液体の流動方向の長さ、 $V(m/s)$ は液体輸送管中の液体の流速、 $N(回/s)$ は液体輸送管への送液装置の時間あたりの脈動数とする。ただし $W < V/nN$ とする。)

ここで、前記 n か所における超音波の送信は液体輸送管の管軸回転方向において互いに異なる送信位置から行うことが好ましい。

【0008】さらに、前記送信位置を、管軸回転方向においてたがいにか略 $180/n$ 度離れた位置とすることが好ましい。

【0009】また、前記 n か所において受信した超音波に基づいて得た気泡検出出力のうち、同一気泡に基づく複数の気泡検出出力を単一の最終的な気泡検出出力として出力することが好ましい。

【0010】ここで、液体の流動方向に沿って上流の検出位置において気泡を検出したときに、下流の検出位置において前記検出の $D/V(s)$ 後の前後に検出された気泡検出信号を無視することが好ましい。(ここで、液体輸送管中の液体の流速を $V(m/s)$ 、上流および隣接する下流の検出位置の間隔を $D(m)$ とする。)

また、発信器と受信器からなる複数の対向型超音波素子を有する気泡検出装置であって、複数の受信器出力のいずれかで気泡を検出した場合に最終的な気泡検出出力を発生する検出処理装置を有することを特徴とする気泡検出装置である。

【0011】ここで、前記検出処理装置は複数の前記対向型の超音波素子で同一気泡を検出した場合に、単一の最終的な気泡検出出力を出力するものであることをが好ましい。

【0012】

【発明の実施の形態】以下、添付図面を参照して、この発明の気泡検出方法および装置の実施の態様を詳細に説明する。

【0013】図2は本発明における複数対の超音波素子配置の、 $n=2$ の場合の一実施態様を示す構成図である。超音波発信器1aから発信された超音波は音響カプラ5を介して断面がおおむね円形である液体輸送管2中に入射する。この際、液体輸送管2を透過した超音波は1aに対向して配置された超音波受信器1bで受信される。この時液体3中に気泡があると、図1の場合と同じように気泡によって超音波が反射されるため、超音波受信器1bの受信量が低下し気泡が通過したことを検出できる。

【0014】ここで、超音波発信器1a、超音波受信器

1bなどの超音波素子は、水晶、硫酸リチウムなどの圧電結晶体や、PVDF(フッ化ビニリデン)、PVDF-TrFE(フッ化ビニリデン-三フッ化エチレン共重合体)などの高分子圧電膜や、PZT(チタン酸ジルコン酸鉛)、ジルコン酸鉛などの圧電セラミックで構成されることが好ましい。

【0015】音響カプラ5の材質は特に限定されないが、ポリカーボネートやアクリル樹脂などの樹脂や、シリコンゴム等のエラストマーが好ましく用いられる。特にエラストマーを用いた場合、測定対象物の表面の凹凸の影響を受けにくく、測定精度を向上できるので好ましい。なかでも、シリコンゴムが好ましい。

【0016】図2においては、1a、1bの超音波素子対から下流方向に距離D離れた位置に超音波発信器1a'と超音波受信器1b'の対が配置されている。1a'と1b'による気泡検出原理は1aと1bによるそれと同様である。

【0017】ここで、距離D(m)は、 $W(m) \sim V/nN(m)$ の範囲が好ましい。シリンジポンプもしくはチューブポンプのように、送液時の脈動と、脈動時の陰圧による液体輸送管の間隙などからの気泡の混入の周期が重なりやすい送液装置を用いた場合、距離Dがポンプの脈動の間に液体輸送管内を進む距離 $V/nN(m)$ よりも大きいと、 n 個の気泡検出が配置されている区間を複数の気泡が一度に通過することになる。そのため後述のような、気泡検出範囲を拡大して気泡のダブルカウントを防止する構成の効果が得られにくい。 $W(m)$ よりも小さいと、超音波素子対の配置が困難になるうえ、お互いに干渉を起こすおそれがある。

【0018】ここで、1aと1bの配置に対して1a'と1b'の配置は液体輸送管の断面から見て管軸回転方向において異なる位置にあり、 $180/n$ (n は素子対の数)度回転した位置に配置されている。図2では超音波素子対の数 n が2であるため、 $180/2=90$ 度だけ回転した位置に配置されている。これら2つの超音波素子対は、検出処理装置6に接続されている。

【0019】図3は図2における超音波素子対の配置状態をA-A断面で示したものである。図3は超音波素子対の数 n が2の場合であるが、 n が3の場合には同様に第1の超音波素子対に対して $180/3=60$ 度だけ回転した位置に第2の超音波素子対が、 120 度回転した位置に第3の超音波素子対が配置される。

【0020】これら複数の発信器から発信される超音波の周波数は、ビート信号などの検出精度の低下を抑制するため、同一周波数を用いるのが望ましい。また、同一の周波数発信源を用いてこれら複数の発信器を発信させても良い。

【0021】図4は図2における各素子対による気泡検出領域を断面図で示したものである。図4から分かるように、液体輸送管2の断面形状がおおむね円形なので、

1aと1bの超音波素子対だけで気泡検出可能な領域は図中斜線部で示した範囲にとどまり、気泡検出不可能な領域が多く残ることになる。これに対し、1a'、1b'の超音波素子対による気泡検出領域を加えることで全体の気泡検出範囲は大幅に拡大できる。

【0022】このように、複数の超音波の送信は液体輸送管の管軸回転方向において互いに異なる送信位置から行うことで気泡の見逃しを大幅に減らすことができる。さらに、送信位置を管軸回転方向においてたがいに略 $180/n$ 度離れた位置とすることによって気泡をより高感度に検出することができる。ここで略 $180/n$ 度とは、プラスマイナス10%の角度のずれを許容した $180/n \pm 18/n$ 度の範囲とすることが好ましい。

【0023】ところで、本発明の気泡検出装置は、前記複数の対向型超音波素子のいずれかで気泡を検出した場合に、最終的な気泡検出力を発生する検出処理装置を有するものである。これにより気泡の見逃しを大幅に減らすことができる一方で、一つの気泡を複数の対向型超音波素子で二重に検出してしまふ、いわゆるダブルカウントの問題を生じるおそれがある。

【0024】図5は、図2における超音波受信器、1b、1b'の超音波検出信号を示すものである。図4において1a、1bによる気泡検出領域と1b、1b'による気泡検出領域の共通部分を気泡が通過した場合には、図5に示すように1つの気泡が超音波受信器1b、1b'の両方で観測される。

【0025】そこで、複数か所において受信した気泡検出力のうち、同一気泡に基づく複数の検出力を単一の気泡検出力として出力することで、気泡の誤検出をなくすることができる。

【0026】この検出の重複をなくすためには、液体輸送管中の液体の流速を V (m/s)、複数対の超音波振動素子の間隔を D (m)とした時、上流位置での気泡検出から D/V (s)時間後の前後に下流位置で検出された気泡検出信号を無視するよう構成すれば良い。ここで D/V (s)時間後の前後とは、プラスマイナス10%の時間のずれを許容した $D/V \pm 0.1 \times D/V$ (s)の範囲とすることが好ましい。これによりダブルカウントを防止することができる。

【0027】また、気泡の検出頻度が低い場合には、次のようにしても良い、すなわち、上流位置での気泡検出の時点から D/V (s)時間後の前後までの間に下流位置で検出された気泡検出信号を全て無視するよう構成すれば良い。気泡の検出頻度が低い場合には、これにより効果的にダブルカウントを防止することができる。

【0028】このダブルカウント対策を実施した信号処理装置の構成例を図6に示す。この装置による気泡の重

複検出を防止するための信号処理動作を、図7を用いて説明する。

【0029】受信器1bで気泡を検出すると、受信器1bの気泡検出信号SignalはHighからLowに反転する。ここでリトリガブルワンショットマルチバイブレータ6を用いることにより、Signalの立ち下がり時に抵抗 R と静電容量 C の組合せて決定される時間 $t = 1/CR$ の間信号がHighからLOWに反転するパルスSignal3を出力する。ここで、 C 、 R を次式により選定する。

【0030】 $1/CR > D/V$

C 、 R を上式により選定することで、受信器1bで検出した気泡が受信器1b'を通過し終えるまでSignal3はLowとなる。

【0031】ここで、受信器2が受信器1で検出した気泡を重複して検出した場合、Signal2の反転信号NOT (Signal2)とSignal3のNANDをとりSignal4を生成する。最終的な気泡検出力はSignal1とSignal4のANDをとったSignal5として出力される。

【0032】

【発明の効果】本発明の気泡検出方法は、液体輸送管の液体の流動方向に離れた n か所 ($n: 2$ 以上の整数)の検出位置において送受信を行うことで、気泡の見逃しを大幅に減らすことができるという特有の効果奏する。

【図面の簡単な説明】

【図1】気泡検出器の原理図である。

【図2】本発明の複数対の超音波素子による気泡検出の一実施態様を示す構成図。

【図3】複数対の超音波素子の配置の断面図である。

【図4】超音波素子対による気泡検査領域を示す断面図である。

【図5】受信器1b、1b'の気泡検出信号を示したグラフである。

【図6】複数対の超音波素子対による気泡の重複検出を防止するための信号処理装置の一構成例である。

【図7】複数対の超音波素子対による気泡の重複検出を防止するための信号処理動作の一例を示す図である。

【符号の説明】

1a、1a'：超音波発信器

1b、1b'：超音波受信器

2：液体輸送管

2'：液体輸送管

3：液体

4：気泡

5：音響カプラ

6：リトリガブルワンショットマルチバイブレータ

The diagram shows a timing relationship between three signals over time. The top signal is labeled '受信器出力' (Receiver Output). Below it are two signals: '受信器1b出力' (Receiver 1b Output) and '受信器1b'出力' (Receiver 1b' Output). The horizontal axis is labeled '時間' (Time). A double-headed arrow indicates a time interval labeled D/V between the start of the receiver output and the start of the receiver 1b' output.

[illegible]

Timing diagram for the output of the 1st stage of a 2-bit ripple-carry adder. The diagram shows five signals over two clock cycles. The first cycle is labeled $1/CR > D/V$ and the second $1/CR < D/V$. Signal Sig1 (1bによる検出信号) is high in the first cycle and low in the second. Signal Sig2 (1b'による検出信号) is low in the first cycle and high in the second. Signal NOT Sig2 is the inverse of Sig2. Signal Sig3 (=1/CR) is high in the first cycle and low in the second. Signal Sig4 (= (NOT Sig2) NAND Sig3) is high in the first cycle and low in the second. Signal Sig5 (検出信号) is high in the first cycle and low in the second. The diagram also indicates Highレベル and Lowレベル for the signals.

F ターム(参考) 2G047 AA04 BA01 BC12 CA01 EA05
EA10 GA03 GA13 GG28 GG30
4C066 AA07 BB01 CC01 QQ47
4C077 AA05 BB01 DD21 EE01 HH03
HH07 HH21 KK27